特质焦虑在面部表情前注意加工阶段的影响：来自 ERP 的证据[1]

李婉悦[1,2] 刘 燊[3] 韩尚锋[4] 张 林[1] 徐 强[1]

([1]宁波大学心理学系暨研究所, 宁波 315211) ([2]华南师范大学心理学院, 广州 510631) ([3]中国科学技术大学人文与社会科学学院, 合肥 230022) ([4]深圳大学心理学院; 深圳大学脑疾病与认知科学研究中心, 深圳 518060)

摘 要 为探讨高特质焦虑者在前注意阶段对情绪刺激的加工模式以明确其情绪偏向性特点，本研究采用偏差—标准反转 Oddball 范式探讨了特质焦虑对面部表情前注意加工的影响。结果发现：对于低特质焦虑组，悲伤面孔所诱发的早期 EMMN 显著大于快乐面孔，而对于高特质焦虑组，快乐和悲伤面孔所诱发的早期 EMMN 差异不显著。并且，高特质焦虑组的快乐面孔 EMMN 波幅显著大于低特质焦虑组。结果表明，人格特质是影响面部表情前注意加工的重要因素。不同于普通被试，高特质焦虑者在前注意阶段对快乐和悲伤面孔存在相类似的加工模式，可能难以有效区分快乐和悲伤情绪面孔。

关键词 特质焦虑，前注意加工，面部表情，EMMN

1 引言

尽管面部表情的加工具有快速、自动化、无意识的特性(Näätänen et al., 2011; Xu et al., 2018)，然而，研究者发现性别、年龄以及人格特质等个体因素均能影响面部表情的知觉(Kato & Takeda., 2017; Xu et al., 2013; Young et al., 2013)。其中，特质焦虑作为一种重要的人格特质，在面部表情的加工过程中存在一定的影响。已有研究发现，高特质焦虑者长期处于弥散的消极情绪中，可能导致注意和记忆方面的偏差，从而出现对负性情绪面孔的注意偏向(Park et al., 2016)。然而，还有研究者发现，高特质焦虑者不是仅对负性刺激，而是对蕴含情绪信息的刺激存在普遍的注意偏向(e.g., Morel et al., 2014; Holmes et al., 2009; Donges et al., 2012)。不同于有意识的注意，前注意加工是在注意聚焦之前，对刺激物是否需要进入注意加工阶段的一个自动化评估过程。在此过程中，大量的无用信息被过滤，从而节省认知资源，提高加工效率(Näätänen et al., 1978)。失匹配负波(MMN, Mismatch Negativity)是探讨大脑对刺激信息的前注意加工的重要指标(Näätänen et al., 2007)。因此，结合 MMN 成分探讨特质焦虑者在前注意阶段的面部表情加工，有助于了解高特质焦虑者对积极和

[1]收稿日期：2020-11-04
* 国家……
通信作者: 徐强, E-mail: xuqiang1117@163.com

消极情绪的过滤和评估模式，以明确其是否在注意聚焦之前已存在对情绪性刺激的加工偏向。基于此，本研究将采用 ERPs 技术，探讨特质焦虑在面部表情前注意加工阶段中的作用，考察特质焦虑者在前注意阶段对面部表情的加工机制。

特质焦虑是一种稳定而持续的人格特点或特质，高特质焦虑者在应激情境中更易体验到高强度的紧张与焦虑(Spielberger et al., 1983)。相比于低特质焦虑者，高特质焦虑者在注意、记忆、理解等认知过程中存在一定的加工偏向，从而损害其认知能力和行为表现(Armstrong & Olatunji, 2012; Cisler & Koster, 2010)。Dodd 等(2017)在一项情绪面孔视觉搜索任务中发现，特质焦虑程度较高的个体对于负性情绪面孔存在注意偏向。并且，进一步的相关性分析结果显示，特质焦虑分数与注意偏向指数之间存在显著的正相关，即高特质焦虑个体将更多的注意资源集中于负性情绪面孔，对愤怒、恐惧等面孔更加敏感。然而，另一些研究者认为，高焦虑者会过度放大其感觉到的情绪信息，因此并不仅仅针对负性情绪刺激，而是对于情绪刺激存在普遍的过度敏感(Morel et al., 2014; Donges et al., 2012; Somerville et al., 2004)。研究者们提供了行为学和神经影像学的证据。例如，在一项面部表情分类任务中，Morel 等(2014)探讨了特质焦虑在面部表情加工早期阶段的作用。他们发现，相比于中性面孔，呈现快乐面孔时高特质焦虑者的顶枕区域诱发了更强的激活，而低特质焦虑者在不同面部表情之间则不存在差异。该结果表明，高特质焦虑个体在对快乐面孔的加工中同样存在特殊的激活模式，这支持了关于高焦虑者对于情绪信息存在普遍过度敏感的观点。另外，Holmes 等(2009)还发现，即使在增加了实验任务负荷的情况下，高特质焦虑者仍对情绪刺激敏感并诱发更大的 LPP 波幅，而低特质焦虑者则没有类似的表现。一项 fMRI 研究同样支持了高焦虑者对面部表情存在普遍的过度敏感的观点并提供了实验证据。研究者发现，个体的依恋焦虑得分与快乐面孔在左侧、中央和内侧前额叶的激活程度呈显著的正相关，而依恋焦虑与个体的特质焦虑存在联系(Donges et al. 2012)。总之，以往研究表明，高特质焦虑者不仅存在负性情绪偏向，而且对包括快乐面孔在内的情绪信息存在普遍的过度敏感。因此，探讨特质焦虑在情绪信息加工中的作用机制，对于明确高特质焦虑者对于情绪信息的加工偏向具有重要意义。另外，上述研究都针对面部表情的注意加工阶段，而在面部表情的前注意加工阶段，特质焦虑的作用及其对情绪信息的偏向性表现目前尚不清楚。高特质焦虑者可能在注意聚焦之前对情绪刺激存在更加复杂的认知加工过程，故而在更为敏感的脑电和神经影像上表现出与以往普遍的行为学研究不同的情绪偏向。因此，探讨特质焦虑对面部表情前注意加工的影响，有助于了解个体在此阶段对情绪刺激进行了怎样的过滤和评估，进而有助于回答部分研究中关于注意聚焦阶段的情绪偏向性争议。

以往的研究表明，个体对于环境中刺激变化特征的监测是一个自动化的过程(e.g., Kimura et al.,

2012; Astikainen et al., 2013)。失匹配负波(MMN)是 ERP 研究中通过将标准刺激反应(一般为 oddball 实验中大概率呈现的刺激)与偏差刺激反应(一般为 oddball 实验中小概率呈现的刺激)相减得到的差异波成分，反映了刺激序列中重复模式发生改变而导致个体产生的预期违背，是探讨大脑对刺激信息的前注意加工的重要指标(Näätänen et al., 2007)。因此，对 MMN 成分的探讨有助于了解特质焦虑在前注意加工阶段的内在作用机制。Näätänen 等(1978)首先通过听觉通道的 oddball 实验证实和报告了 MMN 成分的存在。在 Näätänen 等人的实验中呈现的声音刺激序列存在重复模式上的变化，即大概率地重复播放某频率声音作为标准刺激，小概率地播放另一频率声音作为偏差刺激。被试被要求完成其他实验任务而无需关注声音刺激。研究发现，标准和偏差刺激之间的差异诱发了显著的 MMN 成分。MMN 通常存在早期和晚期两个子成分，有研究者认为，早期成分反映了偏差和标准刺激感觉信息的投射，晚期则反映了对于感觉记忆的自动加工(Kimura et al., 2009; Pulvermüller et al., 2003)。Pulvermüller 等(2003)使用听觉材料刺激，同样证明了 MMN 在两个时段存在不同区域的激活：在约 136ms 时颞叶区的激活，以及约 158ms 时额叶皮层的激活。

近年来，对于 MMN 的研究不再局限于听觉刺激。研究者发现，简单的视觉刺激，如光栅、颜色、线条等同样可以诱发 MMN 成分(e.g., Astikainen et al., 2008; Czigler et al., 2002)，进而开始关注复杂的视觉刺激，如面部表情所诱发的 MMN (Astikainen et al., 2013; Stefanics et al., 2014)。以往研究显示，面部表情诱发的 MMN 的时间窗口大约都在刺激呈现后的 70~360ms 之内(e.g., Astikainen & Hietanen, 2009; Kimura et al., 2012; Li et al., 2012; Stefanics et al., 2012)。在电极点的选择上，研究者们分别在额叶、顶叶和左右枕叶区域选取电极点进行比较后发现，与面孔情绪序列变化相关的 MMN 成分能够在左右枕叶区域被有效监测到(e.g., Astikainen et al., 2008; Kreegipuu et al., 2013)。进一步的，Zhao 和 Li (2006)发现，标准与偏差面孔刺激在情绪序列上的变化能够被自动化探测，并诱发与表情相关的 MMN 成分。研究者将由偏差刺激(情绪面孔)与标准刺激(中性面孔)相减得到的 ERP 成分命名为 EMMN (expressional MMN)。在电极点的选择上，研究者结合地形图选取了分布于左、右颞枕区的 P7/8，PO7/8 和 CB1/2。类似的区域以及电极点的选择同样可见于 Li 等(2012)、Xu 等(2013)以及 Astikainen 等(2013)的研究中。

EMMN 大约出现在面部表情序列的重复模式发生变化后的 100~400ms 之间(Astikainen et al., 2013)。Kreegipuu 等(2013)发现，个体在前注意阶段能够自动化地探测简笔画面孔情绪序列的变化，情绪面孔比中性面孔诱发更大的 EMMN 波幅。然而，关于 EMMN 的研究始终存在一些争议：EMMN 成分的激活究竟反映了个体对情绪序列信息的预期违背，还是仅仅反映了对物理特征，例如面孔结构变化的预期违背。Kimura 等(2012)使用正立和倒立的标准与偏差面部表情图片，要求被

试完成与情绪无关的实验任务。结果发现，偏差面孔刺激能够诱发 EMMN 成分，并且恐惧面孔比快乐面孔诱发了更大的 EMMN 波幅和更短的潜伏期，而正立条件下的潜伏期短于倒立条件。结果表明 EMMN 并不仅仅针对面孔结构特征，而是反映了对整个面孔以及面部表情的预测违背。Vogel 等(2015)进一步验证了 EMMN 成分在情绪预测方面的特异性。他们发现，在面孔情绪类型序列变化的条件下，情绪偏差刺激能够诱发更大的波幅和更短的潜伏期；而面孔结构特征序列变化则没有出现同样的表现。总之，以往的研究为 EMMN 成分反映特定的情绪序列预测偏差提供了实验证据。因此，如果特质焦虑者在前注意阶段对情绪信息表现出特殊的加工偏向，那么当情绪序列与预期相违背时，高特质焦虑者可能与普通被试在 EMMN 的波幅上表现出显著差异。

以往关于特殊人群的 EMMN 研究更多集中于精神心理疾病方面，如精神分裂症、抑郁症等(e.g., Csukly et al., 2013; Maekawa et al., 2013)，而较少涉及人格特质方面，如特质焦虑。部分与焦虑相关的研究大多探讨了在状态性的焦虑情绪唤醒情况下，个体对听觉通道刺激的加工(e.g., Cornwell et al., 2007; Schirmer & Escoffier, 2010)。例如，Schirmer 和 Escoffier (2010)使用 ERP 技术和一些生理指标探究了唤起被试状态性焦虑时听觉 MMN 的表现：愤怒语音组成的无意义音节作为偏差刺激唤起的 MMN 波幅显著大于中性语音无意义音节作为偏差刺激的条件。另外，随着状态焦虑程度的增加，愤怒语音偏差刺激的 MMN 以及心率均表现出显著的增幅，而在中性语音偏差刺激时则无此表现。上述研究表明，高状态焦虑者在情绪偏差刺激条件下诱发了 MMN 成分并激活了一系列特殊的神经活动。与状态焦虑相比，高特质焦虑者长期处于弥散的焦虑情绪中，其对于情绪刺激的前注意加工可能同样受到影响。另外，由于上述研究没有涉及积极情绪刺激，如快乐语音或快乐面部表情等。因此，高特质焦虑者在前注意阶段对不同效价的情绪刺激表现出怎样的加工偏向，目前仍不清楚。

此外，本研究同时关注了对面孔构型特征敏感的 N170 成分，以明确面孔是否被纳入认知加工之中。以往研究发现，N170 成分主要分布在左右颞枕区域，反映了早期知觉阶段的面孔结构编码，大约在面孔刺激呈现后 170ms 达到最大峰值(Hinojosa et al., 2015)。由于 N170 和 MMN 在头皮分布以及主要活动的时间窗口上的相似性，Astikainen 等(2013)通过实验设计以及独立成分分析的方法对二者所反映的大脑功能进行了分离。他们发现，N170 成分存在情绪敏感性，在中性面孔和情绪面孔之间存在差异，而在面孔情绪序列变化中没有差异；MMN 成分不仅在中性面孔和情绪面孔之间存在差异，还在面孔情绪序列变化中存在差异。另外，N170 成分是否会受到人格特质的影响，目前的研究还存在争议：有研究表明，相比于非面孔刺激，在面孔刺激条件下 N170 表现出更大的波幅，而不受被试人格特质的影响(Rossignol et al., 2012; Walentowska & Wronka, 2012)。然而，另一些研究

者发现，相比于普通被试，高特质焦虑者在加工恐惧面部表情时诱发的 N170 成分表现出更大波幅和更短潜伏期 (Williams et al., 2007; Kolassa & Miltner, 2006)。因此，特质焦虑者在前注意阶段对面部构型特征的加工同样值得关注。

为探讨高特质焦虑个体在前注意阶段对情绪刺激的加工模式，明确其情绪偏向性特点，本研究使用偏差—标准反转 oddball 范式(deviant-standard-reverse oddball)，采用 ERPs 技术考察高、低特质焦虑者对不同效价情绪面孔的前注意加工特性及其差异。我们提出如下假设：(1)如果个体可以对面部表情进行自动化的前注意加工，标准和偏差面部表情图片在情绪序列上的差异将导致 N170 波幅的变化并诱发 EMMN 成分；(2)高特质焦虑者在前注意阶段如果存在负性情绪偏向，那么将在悲伤面孔诱发的 EMMN 波幅上与低特质焦虑者存在差异；如果存在普遍的情绪偏向，那么在快乐和悲伤面孔诱发的 EMMN 波幅上可能与低特质焦虑者均存在差异。

2 方法

2.1 被试

采用 Spielberger 状态—特质焦虑问卷(State-Trait Anxiety Inventory, STAI) (Spielberger et al., 1983) 中的特质量表对某高校在校大学生 436 人进行了测量。根据问卷分数进行筛选，在得分位于前 27%的被试中随机选取 20 人作为高特质焦虑组，在得分位于后 27%的被试中随机选取 20 人作为低特质焦虑组。高组包括男性 7 人，女性 13 人，平均年龄为 19.02 ± 0.63 岁。低组包括男性 9 人，女性 11 人，平均年龄为 19.63 ± 0.88 岁。对两组被试的特质焦虑得分进行差异性检验发现，高、低特质焦虑组之间存在显著差异(高特质焦虑组 $M = 57.21$, $SD = 4.92$; 低特质焦虑组 $M = 30.64$, $SD = 3.83$; $t(38) = 19.632$, $p < 0.001$)。所有被试视力或矫正视力正常，无色弱色盲，均为右利手，均无精神病史和家族精神病史。参加实验的所有被试均被告知实验的主要流程，并阅读和签署了实验知情同意书。

2.2 实验刺激

实验中使用的面部表情图片选自中国化面孔情绪图片系统(Chinese Facial Affective Picture System, CAFPS) (龚栩 等, 2011)，选取快乐、悲伤和平静的真人面孔表情图片各 10 张为刺激材料，男女各半。图片统一采用 PhotoShopCS6 软件进行黑白处理，匹配图片大小、明暗度和对比度。所有面孔材料去除其头发、耳朵等，仅保留面孔内特征(如眼鼻口、脸颊等)。

2.3 实验程序

采用偏差—标准反转 oddball 范式，在该范式中，屏幕中央出现“+”，两个相同的情绪面孔(快乐或悲伤或中性)同时出现在“+”两侧，被试需要关注视野中心的“+”大小变化，并根据变化迅速做出按键反应(在增大或减小时按 J 或 F 键，按键在被试间平衡)，而忽略“+”左右两侧呈现的面部

表情图片。面孔图片刺激呈现 150ms，每组面孔图片之间间隔 450ms。目标刺激 “+”的增大或减小总是发生在没有图片呈现的两组面孔间隔之中，以避免实验数据采集受到与任务相关活动的干扰。实验中的偏差刺激为小概率呈现的面孔图片，标准刺激为大概率呈现的面孔图片。偏差—标准的反转体现为：某些 block 中作为偏差刺激的面孔图片在另一些 block 中将作为标准刺激呈现，而作为标准刺激呈现的面孔图片则将反转为偏差刺激。因此，实验包括 4 种面部表情序列类型，分别为：中性标准刺激/快乐偏差刺激；快乐标准刺激/中性偏差刺激；中性标准刺激/悲伤偏差刺激；悲伤标准刺激/中性偏差刺激。每种类型 3 个 block，共 12 个 block，每个 block 包括 412 个面孔刺激，由 312 个标准刺激，90 个偏差刺激以及 10 个作为建立感觉记忆模式的标准刺激组成。每个 block 的顺序在被试间平衡。在刺激序列中，面部表情图片通过程序设定为伪随机呈现。例如在中性标准刺激/快乐偏差刺激的 block 中，实验序列将首先呈现 10 次中性面部表情图片作为标准刺激，然后呈现作为偏差刺激的快乐面部表情图片，且偏差刺激之间至少间隔两个标准刺激，以建立情绪的感觉记忆模式并区分标准和偏差刺激。具体实验流程如图 1。

实验在照明恒定、温度舒适的隔音房间内进行，计算机屏幕与被试双眼的距离为70cm。整个实验过程中要求被试双眼注视屏幕中央，身体呈放松状态，尽量避免头部活动和眨眼、吞咽等动作。

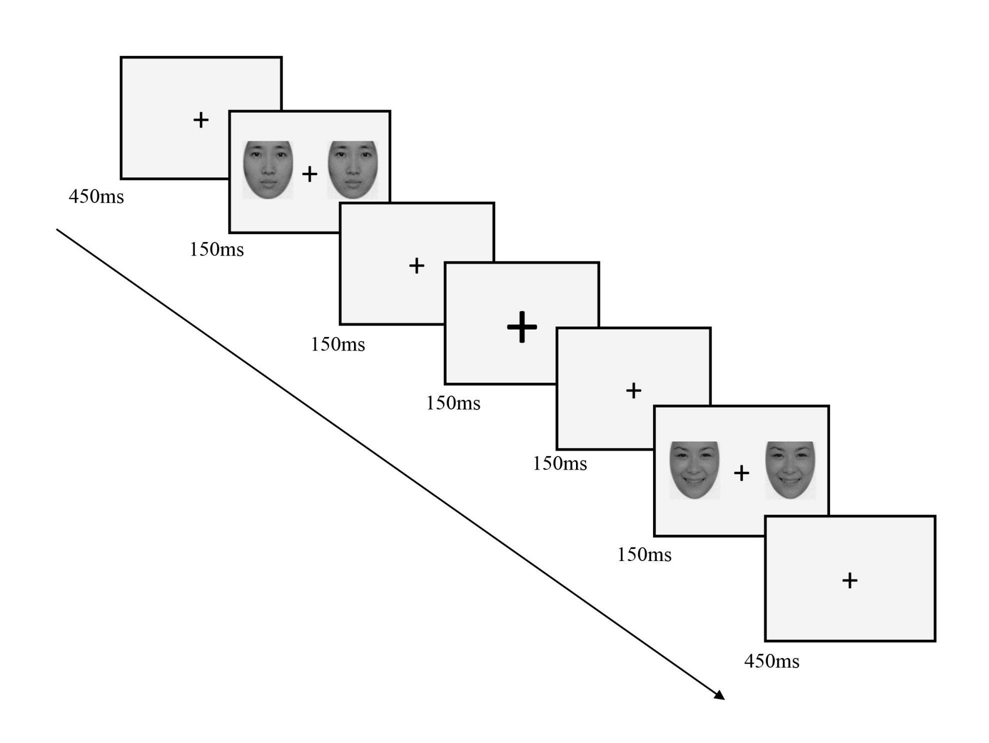


图 1　部分实验序列示意图

2.4 数据的记录与分析

刺激的呈现与行为数据的记录使用 E-Prime 2.0 进行。使用 NeuroScan Synamps2 脑电记录与分析系统采集和分析脑电(Electroencephalogram, EEG) 数据。采用 68 导 Ag/AgCl 电极帽记录头皮位置的 EEG 以及垂直眼电(VEOG)和水平眼电(HEOG)，电极位置排列依据国际 10-20 扩展系统。以鼻尖作为参考电极，垂直眼电记录电极放置于左眼框上下 10 mm 处，水平眼电记录电极放置于两眼角外侧 10 mm 处。AC 采样，采样频率为 500 Hz，带通为 0.05~100 Hz。电极与头皮间阻抗维持在 5 kΩ 以下。

采用 EEGLAB 工具箱(Delorme & Makeig, 2004)对数据进行离线分析。采用 0.5~30Hz 带通滤波，取刺激前 150ms 到刺激后 400ms 为分析时程，以面孔刺激呈现前 150ms 为基线。采用独立成分分析(ICA)的方法手动去除眼动伪迹，然后去除波幅超出±80μV 的漂移较大的分段，最后分别叠加每个被试在每种下的脑电信号。得到快乐偏差刺激、快乐标准刺激、悲伤偏差刺激、悲伤标准刺激四种条件的波幅后，分别用快乐、悲伤偏差刺激波幅减去其标准刺激波幅，得到快乐和悲伤 EMMN 成分并用于后续的统计分析。基于以往研究中对于 N170 和 EMMN 成分的探索(e.g., Righart & de Gelder., 2008; Xu et al., 2013; Song et al., 2017; Li et al., 2012; Astikainen et al., 2013)，并结合本研究的实验设计以及总平均图和头皮分布，EMMN 成分的时间窗口和电极点分别为：早期 100~220ms，晚期 220~380ms，左侧 P7、PO5、PO7，右侧 P8、PO6、PO8。N170 的时间窗口为 150~190ms，电极点为：左侧 P7、PO7，左侧 P8、PO8。采用 SPSS 25 对所测量脑电成分的波幅进行重复测量方差分析。

3 结果

3.1 行为数据结果

在正确率上，高、低特质焦虑组之间差异不显著，F (1, 38) = 0.37，p = 0.547 (高组：M = 0.91，SE = 0.028；低组：M = 0.92，SE = 0.023)。因为被试按键反应的正确率均超过 90%且没有表现出显著的差异，由此可见被试的注意力保持在判断“+”大小变化的任务上，从而保证了面部表情前注意加工的有效性。

3.2 ERP 数据结果

分别从高特质焦虑组和低特质焦虑组中剔除了 2 个伪迹较多的被试。在对剩余数据进行叠加平均处理后，对 N170 成分波幅进行 2 (被试类型：高特质焦虑组、低特质焦虑组)×2(情绪类型：快乐、悲伤)×2(刺激类型：偏差刺激、标准刺激)×2(半球：左、右)的重复测量方差分析。对早期和晚期 EMMN 成分的平均波幅进行 2 (被试类型：高特质焦虑组、低特质焦虑组)×2(情绪类型：快乐、悲伤)×2(半球：左、右)的重复测量方差分析。其中被试类型为组间变量，其余为组内变量。

3.2.1 N170

刺激类型主效应显著，$F(1, 34) = 30.86$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.476$。偏差刺激波幅($M = -1.55$ μV, $SE = 0.20$)显著负于标准刺激($M = 0.51$ μV, $SE = 0.14$)。半球主效应显著，$F(1, 34) = 5.38$, $p = 0.027$, $\eta^2_p = 0.137$。半球和被试类型交互作用显著，$F(1, 34) = 4.85$, $p = 0.035$, $\eta^2_p = 0.125$。进一步分析发现，高特质焦虑组中左半球波幅显著负于右半球(左：$M = -0.217$ μV, $SE = 0.23$；右：$M = 0.349$ μV, $SE = 0.24$, $p = 0.003$)，而低特质焦虑组中，左右半球不存在显著差异。其余主效应和交互作用均不显著。具体波幅表现如图 2。

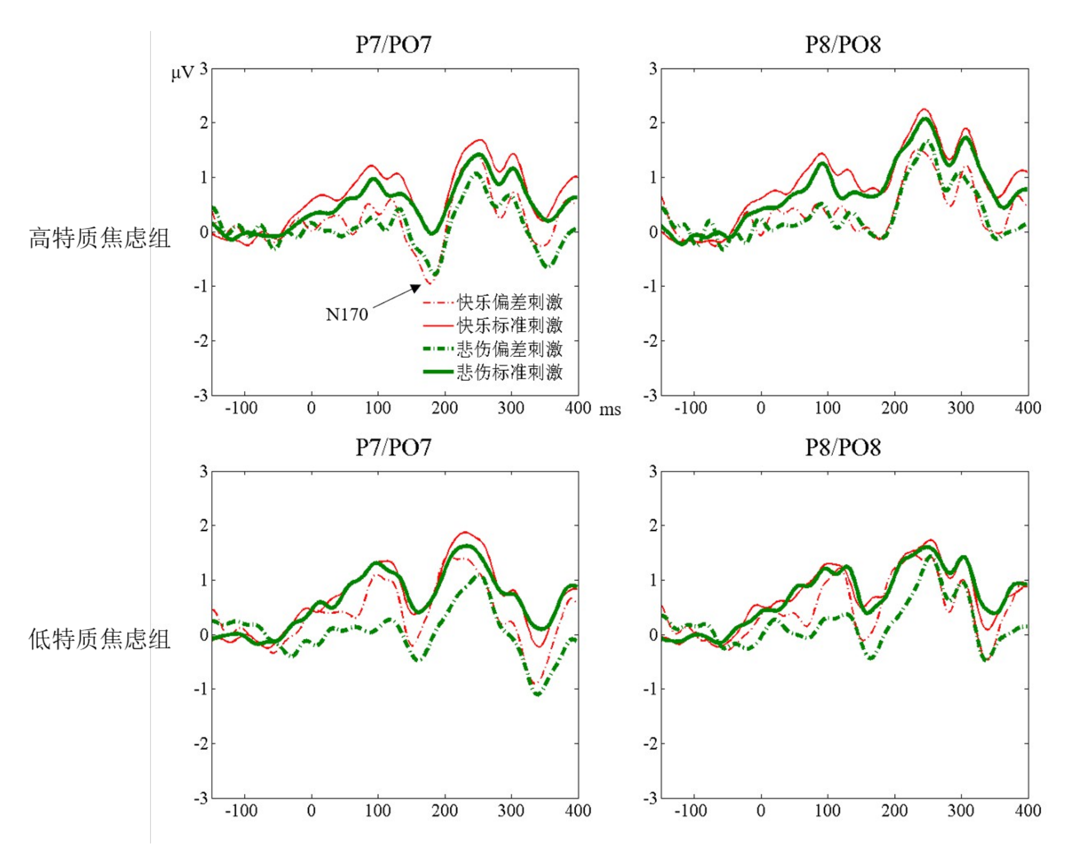


图 2 不同条件下原始波形图

3.2.2 EMMN

在早期 EMMN 成分(100~220ms)上，情绪类型和被试类型之间的交互作用显著，$F(1, 34) = 4.34$, $p = 0.045$, $\eta^2_p = 0.113$。简单效应分析发现，对于高特质焦虑组，快乐和悲伤情绪类型之间 EMMN 波幅差异不显著(快乐：$M = -0.74$ μV, $SE = 0.17$；悲伤：$M = -0.62$ μV, $SE = 0.21$, $p > 0.05$)；对于低特质焦虑组，悲伤条件下的 EMMN 波幅显著大于快乐条件(快乐：$M = -0.27$ μV, $SE = 0.17$；悲伤：$M = -0.81$ μV, $SE = 0.21$, $p = 0.021$)。而在快乐条件下，高特质焦虑组的波幅大于低特质焦虑组，二者呈边缘显著(高组：$M = -0.74$ μV, $SE = 0.17$；低组：$M = -0.27$ μV, $SE = 0.17$, $p = 0.059$)。其他主效应和交互作用均不显著($ps > 0.05$)。

在晚期 EMMN 成分(220~280ms)上，被试类型和脑半球交互作用显著，$F(1, 34) = 4.55$, $p = 0.04$, $\eta^2_p = 0.118$。简单效应分析发现，对于高特质焦虑组，左右半球之间差异不显著(左：$M = -0.57$ μV, $SE = 0.15$；右：$M = -0.64$ μV, $SE = 0.17$, $p = 0.456$)。对于低特质焦虑组，左半球诱发的 EMMN 波幅显著大于右半球(左：$M = -0.70$ μV, $SE = 0.15$；右：$M = -0.49$ μV, $SE = 0.17$，$p = 0.03$)。其他主效应和交互作用均不显著($ps > 0.05$)。具体波幅表现如图 3。

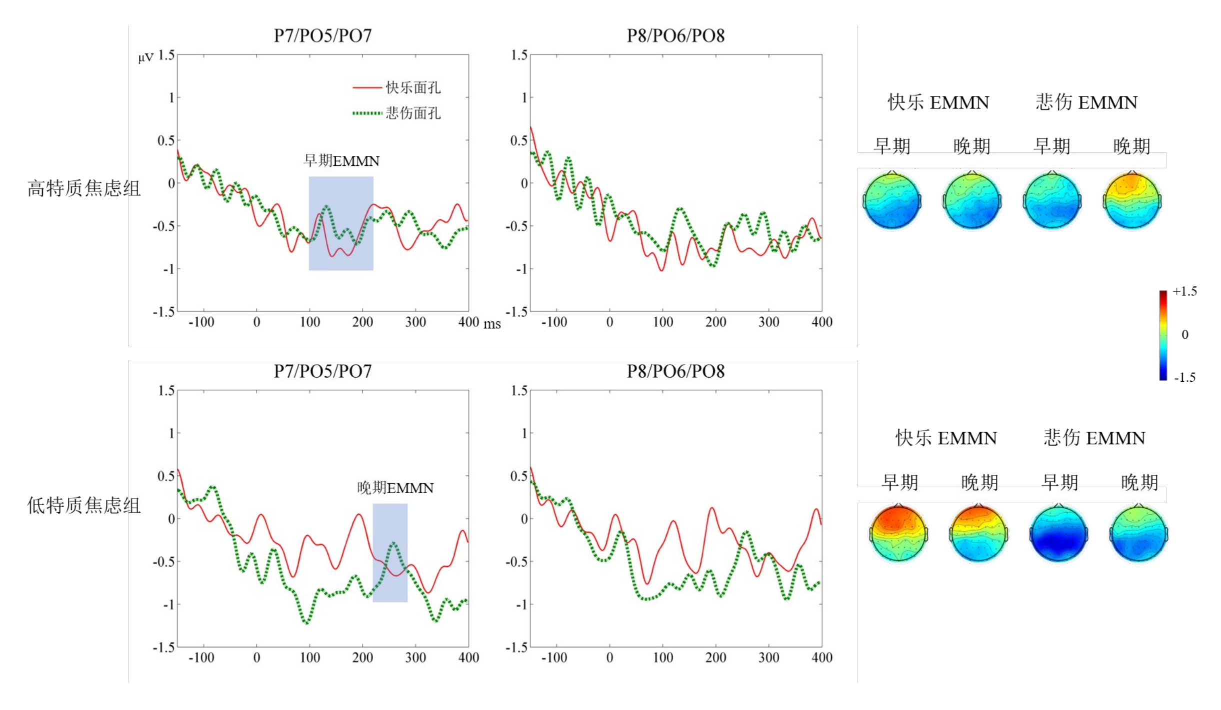


图 3 不同条件下 EMMN 成分波形图和地形图

4 讨论

本研究以快乐、悲伤面部表情图片为刺激材料，使用偏差—标准反转范式探讨了面部表情的前注意加工以及特质焦虑者在前注意阶段对情绪刺激的偏向性特点。行为数据结果上，被试在判断“+”图标大小变化的任务中表现出较高的正确率，这表明被试的注意力被控制在与面部表情无关的实验任务上，前注意加工的操纵是有效的。在 ERP 结果上，本研究发现 N170 成分仅在刺激类型上存在差异，表现为偏差刺激诱发了更大的 N170 波幅，而在情绪类型上差异不显著。在早期 EMMN 成分上，低特质焦虑组悲伤面部表情的平均波幅显著大于快乐面部表情，高特质焦虑组快乐和悲伤面部表情无显著差异。并且，高特质焦虑组在快乐条件的波幅大于低特质焦虑组。这表明，在面部表情前注意加工过程中，高、低特质焦虑之间存在差异，高特质焦虑者对快乐面部表情同样存在加工偏向。综上，人格特质是影响面部表情加工的重要因素，高特质焦虑者在前注意加工阶段并不仅仅存在负性情绪偏向，而是对快乐和悲伤面孔存在着类似的加工模式，即对快乐和悲伤面部表情区分困难。

前人研究已经充分证明，N170 成分具有面孔敏感性，并会受到面孔结构的影响，在不同实验条件中表现出差异(e.g., Hinojosa et al., 2015; Righart & de Gelder., 2008; Xu et al., 2013; Song et al., 2017)。Astikainen 等(2013)发现，N170 和 MMN 成分在功能上是可以分离的：N170 在中性面孔和情绪面孔之间存在差异，而不受到情绪序列变化的影响；MMN 成分则在面孔情绪序列变化中存在差异。本研究中出现了明显的 N170 波峰，这意味着面孔信息进入了认知加工。进一步的，N170 成分上存在显著的刺激类型主效应，表现出偏差刺激条件下的波幅显著负于标准刺激。然而，在本研究所使用的偏差—标准反转 oddball 范式中，偏差刺激和标准刺激实际上是同一种情绪类型，也具有相同的面孔结构特征。所以，表现在 N170 上的差异实际上并不是源于对不同的面孔结构或是对不同情绪的加工，而是反映了由实验操纵产生的更复杂的认知成分。与本研究相类似的，Kecskes-Kovacs 等(2013)和 Xu 等(2013)的研究同样发现，N170 成分仅受到刺激类型的影响，在偏差刺激和标准刺激间表现出显著差异。因此，本研究中偏差刺激和标准刺激的差异波——EMMN 成分反映了个体对面孔情绪序列变化的探测。

在本研究中，高、低特质焦虑组均出现了由于面部表情序列变化引起的 EMMN 成分，这种偏差面部表情和标准面部表情之间的差异为个体对面部表情的前注意加工提供了证据。一方面，本研究发现高、低特质焦虑组之间存在差异，高特质焦虑组在快乐条件下的波幅大于低特质焦虑组。这表明相比于普通个体，高特质焦虑者对情绪刺激存在特殊的加工，其在前注意阶段表现出了对快乐情绪刺激的偏向性。另一方面，本研究中，高特质焦虑组在快乐和悲伤情绪类型之间 EMMN 波幅差异不显著，即存在阴性结果。而低特质焦虑组，即普通被试，在悲伤面部表情条件下的早期 EMMN 波幅大于快乐面部表情。以往研究已多次证明，出于生存需要，负性信息更易吸引注意，负性面部表情在注意加工过程中往往被优先处理和识别 (Adolphs, 2002; 张丹丹 等, 2013)。本研究发现，普通被试对负性情绪的偏向在前注意阶段已经发生，更重要的是，高特质焦虑者在此阶段对快乐和悲伤面孔表现出类似的加工模式，即可能存在对快乐和悲伤面部表情的区分困难，从而对二者出现了类似的偏向性表现。Robinson 等(2013)认为，焦虑影响了个体的感觉皮层系统的加工，使他们对环境中的微小变化更加敏感。本研究中，高特质焦虑组的快乐 EMMN 振幅大于低特质焦虑组，并且，高特质焦虑者对快乐和悲伤情绪面孔表现出相似的 EMMN 成分。这表明他们对情绪序列变化中积极情绪所导致的预期违背同样敏感，高特质焦虑者可能并不是只存在负性情绪偏向，而是对快乐和悲伤面孔存在类似的加工模式。

本研究这一现象在注意加工阶段也得到了验证。李婉悦等(2019)发现，特质焦虑在个体对面孔情绪的探测中存在调节作用，普通个体在面孔情绪识别过程中更易受到面孔所处环境的影响，表

现出显著的场景效应；而高特质焦虑者在积极和消极面孔的识别中都更关注面孔情绪信息，较少受到环境的影响。研究者认为，高特质焦虑者更多关注面孔本身的情绪信息，并且可能存在面孔与场景的情绪整合困难。本研究也为注意聚焦状态下，高特质焦虑者在脑电和神经影像结果上表现出的普遍情绪偏向(e.g., Morel et al. 2014; Donges et al., 2012; Holmes et al. 2009)提供了证据支持，即高特质焦虑者在前注意阶段中可能存在对快乐和悲伤面部表情的区分困难，仍然对快乐情绪进行加工并对快乐和悲伤情绪序列变化产生相似的脑电活动，故而快乐情绪仍然有可能进入注意阶段。

Xu 等(2013)使用了简笔画面孔发现快乐和悲伤面部表情在早期和晚期 EMMN 子成分上均存在差异。但在本研究中，早期 EMMN 受到情绪类型和特质焦虑的影响。晚期 EMMN 不受情绪类型的影响，仅受特质焦虑的影响，表现为高特质焦虑组左右脑区的 EMMN 无显著差异，低特质焦虑组左脑 EMMN 波幅显著大于右脑 EMMN。一方面，这表明高特质焦虑和低特质焦虑群体对于情绪信息具有不同的加工机制；另一方面，本研究选择的被试并不是临床上的焦虑症患者，而是正常人群中具有高焦虑倾向的个体。因此，他们在对感觉信息的早期加工中表现出对情感刺激的偏向，但实验要求以及认知负荷可能导致这种偏向在后期对感觉记忆的加工中被削弱(Kimura et al., 2009）。Young 和 Bruce (2011)认为对面孔信息物理特征的编码和情绪信息的提取是在不同的加工阶段发生的，本研究中早期和晚期 EMMN 中，面孔情绪类型和特质焦虑对面孔情绪探测的影响不同，同样反映了面部表情信息加工的特殊性。

Chen 等(2017)认为，鉴于 MMN 成分的自动化特性，其波幅可以用来衡量特质焦虑水平，并作为临床诊断的重要生物学标志。近来，研究者发现 MMN 成分还可以作为社交焦虑症患者治疗效果的神经标志物。Arad 等(2018)对社交焦虑患者进行注意偏向矫正训练以矫正其对威胁刺激的注意偏向，结果发现，注意偏向矫正训练可以诱发 MMN 成分，且 MMN 波幅在一定程度上可以预测注意矫正训练的治疗效果。总之，作为信息自动加工的标志，MMN 成分在临床诊断和治疗中发挥着越来越重要的作用。本研究强调了特质焦虑作为一种人格特质因素在情绪面孔前注意加工中的作用，发现高特质焦虑者对环境中与任务无关的情绪变化更为敏感，并对快乐和悲伤面孔表现出类似的加工模式。本研究有助于了解高特质焦虑者对情绪信息的过滤和评估模式，高、低特质焦虑组在 EMMN 振幅上的差异同样体现了特质焦虑在前注意阶段自动化加工的偏差，这些结果进一步为 MMN 成分的临床价值提供了实验证据。未来研究中，MMN 成分可能作为一种新的定量指标，用于对焦虑症等更多神经症的诊断、干预和治疗。高特质焦虑者在前注意阶段对情绪信息的过度敏感是否会影响其他更加复杂的认知功能，仍有待进一步探讨。另外，除了来自视觉通道的面孔图片之外，对于来自不同通道的其他情绪载体，例如情绪语音、身体语言和以及皮肤感觉等的加工是否同样存

在这种普遍的情绪偏向？这些不同感觉通道的 MMN 成分表现是否存在差异？同样值得未来研究的进一步关注。另外，未来研究还可以配合行为矫正训练等方式，动态探讨 MMN 成分的变化过程。本研究仍然存在一些不足之处：在实验设计上，被试对于目标刺激“+”的按键反应仅发生在没有面孔刺激呈现的两组面孔间隔之中，而 ERP 数据的锁时则发生在面孔刺激呈现时。通过这样的实验设计，我们希望能够尽量避免 ERP 数据受到按键活动的干扰。然而，在少数情况下，如果被试在面孔呈现时仍进行按键反应，则可能在一定程度上影响 ERP 数据基线的稳定性。这也是我们在后续研究中需要注意的地方。

5 结论

本研究得出如下结论：特质焦虑影响面部表情的前注意加工，高特质焦虑者在前注意阶段对快乐和悲伤面孔存在相类似的加工模式，可能难以有效区分快乐和悲伤情绪面孔。具体表现为高特质焦虑者在快乐和悲伤面孔条件下均诱发了更大波幅的 EMMN 成分，且高特质焦虑者在快乐面孔条件下的 EMMN 成分的波幅同样大于低特质焦虑者。

参考文献

Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current Opinion in Neurobiology, 12*(2), 169–177.

Arad, G., Abend, R., Pine, D. S., & Bar-Haim, Y. (2018). A neuromarker of clinical outcome in attention bias modification therapy for social anxiety disorder. *Depression and Anxiety*, *36*(3), 269−277.

Armstrong, T., & Olatunji, B. O. (2012). Eye tracking of attention in the affective disorders: A meta-analytic review and synthesis. *Clinical Psychology Review, 32*(8), 704–723.

Astikainen, P., Cong, F., Ristaniemi, T., & Hietanen, J. K. (2013). Event-related potentials to unattended changes in facial expressions: Detection of regularity violations or encoding of emotions? *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 557.

Astikainen, P., & Hietanen, J. K. (2009). Event-related potentials to task-irrelevant changes in facial expressions. *Behavioral and Brain Functions, 5*, 30.

Astikainen, P., Lillstrang, E., & Ruusuvirta, T. (2008). Visual mismatch negativity for changes in orientation – a sensory memory-dependent response. *European Journal of Neuroscience*, *28*(11), 2319–2324.

Chen, C. Y., Hu, C. H., & Cheng, Y. W. (2017). Mismatch negativity (MMN) stands at the crossroads between explicit and implicit emotional processing. *Human Brain Mapping*, *38*(1), 140–150.

Cisler, J. M., & Koster, E. H. W. (2010). Mechanisms of attentional biases towards threat in anxiety disorders: An integrative review. *Clinical Psychology Review, 30*(2), 203–216.

Cornwell, B. R., Baas, J. M. P., Johnson, L., Holroyd, T., Carver, F. W., Lissek, S., & Grillon, C. (2007). Neural responses to auditory stimulus deviance under threat of electric shock revealed by spatially-filtered magnetoencephalography. *NeuroImage*, *37*(1), 282–289.

Csukly, G., Stefanics, G., Komlósi, S., Czigler, I., & Czobor, P. (2013). Emotion-related visual mismatch responses in schizophrenia: Impairments and correlations with emotion recognition. *PLoS ONE*, *8*(10), e75444.

Czigler, I., Balázs, L., & Winkler, I. (2002). Memory-based detection of task-irrelevant visual changes. *Psychophysiology, 39*(6), 869–873.

Delorme, A., Makeig, S., (2004). EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods, 134*(1), 9–21.

Dodd, H. F., Vogt, J., Turkileri, N., & Notebaert, L. (2017). Task relevance of emotional information affects anxiety-linked attention bias in visual search. *Biological Psychology*, *122,* 13–20.

Donges, U. S., Kugel, H., Stuhrmann, A., Grotegerd, D., Redlich, R., Lichev, V., Rosenberg, N., Ihme, K., Suslow, T., & Dannlowski, U. (2012). Adult attachment anxiety is associated with enhanced automatic neural response to positive facial expression. *Neuroscience, 220*, 149–157.

Gong, X., Huang, Y. X., Wang, Y., & Luo, Y. J. (2011). Revision of the Chinese facial affective picture system. *Chinese Mental Health Journal*, *25*(1), 40–46.

[龚栩, 黄宇霞, 王妍, 罗跃嘉. (2011). 中国面孔表情图片系统的修订. *中国心理卫生杂志, 25*(1), 40–46.]

Hinojosa, J. A., Mercado, F., Carretie, L. (2015). N170 sensitivity to facial expression: A meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 55*, 498–509.

Holmes, A., Nielsen, M. K., Tipper, S., & Green, S. (2009). An electrophysiological investigation into the automaticity of emotional face processing in high versus low trait anxious individuals. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience, 9*(3), 323–334.

Kato, R., & Takeda, Y. (2017). Females are sensitive to unpleasant human emotions regardless of the emotional context of photographs. *Neuroscience Letters*, *651*, 177–181.

Kecskes-Kovacs, K., Sulykos, I., & Czigler, I. (2013). Is it a face of a woman or a man? Visual mismatch negativity is sensitive to gender category. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 532.

Kimura, M., Katayama, J., Ohira, H., & Schröger, E. (2009). Visual mismatch negativity: New evidence from the equiprobable paradigm. *Psychophysiology*, *46*(2), 402–409.

Kimura, M., Kondo, H., Ohira, H., & Schroger, E. (2012). Unintentional temporal context-based prediction of emotional faces: An electrophysiological study. *Cerebral Cortex*, *22*(8), 1774–1785.

Kolassa, I. T., & Miltner, W. H. R. (2006). Psychophysiological correlates of face processing in social phobia. *Brain*

Research, *1118*(1), 130–141.

Kreegipuu, K., Kuldkepp, N., Sibolt, O., Toom, M., Allik, J., & Näätänen, R. (2013). vMMN for schematic faces: Automatic detection of change in emotional expression. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 714.

Li W., Han, S., Liu, S., Yang, Y., Zhang, L., & Xu, Q. (2019). Scene effects on facial expression detection: The moderating effects of trait anxiety. *Acta Psychologica Sinica, 51*(8), 869–878.

[李婉悦, 韩尚锋, 刘燊, 杨亚平, 张林, 徐强. (2019). 场景对面孔情绪探测的影响:特质性焦虑的调节作用. *心理学报, 51*(8), 869–878.]

Li, X., Lu, Y., Sun, G., Gao, L., & Zhao, L. (2012). Visual mismatch negativity elicited by facial expressions: New evidence from the equiprobable paradigm. *Behavioral and Brain Functions, 8,* 7.

Maekawa, T., Katsuki, S., Kishimoto, J., Onitsuka, T., Ogata, K., Yamasaki, T., Ueno, T., Tobimatsu, S., & Kanba, S. (2013). Altered visual information processing systems in bipolar disorder: Evidence from visual MMN and P3. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 403.

Morel, S., George, N., Foucher, A., Chammat, M., & Dubal, S. (2014). ERP evidence for an early emotional bias towards happy faces in trait anxiety. *Biological Psychology, 99*, 183–192.

Näätänen, R., Gaillard, A. W., & Mäntysalo, S. (1978). Early selective-attention effect on evoked-potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, *42*(4), 313–329.

Näätänen, R., Kujala, T., Kreegipuu, K., Carlson, S., Escera, C., Baldeweg, T., & Ponton, C. (2011). The mismatch negativity: An index of cognitive decline in neuropsychiatric and neurological diseases and in ageing. *Brain*, *134*(12), 3435–3453.

Näätänen, R., Kujala, T., & Winkler, I. (2011). Auditory processing that leads to conscious perception: A unique window to central auditory processing opened by the mismatch negativity and related responses. *Psychophysiology*, *48*(1), 4–22.

Näätänen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., & Alho, K. (2007). The mismatch negativity (MMN) in basic research of central auditory processing: A review. *Clinical Neurophysiology*, *118*(12), 2544–2590.

Park, G., Vasey, M. W., Kim, G., Hu, D. D., & Thayer, J. F. (2016). Trait anxiety is associated with negative interpretations when resolving valence ambiguity of surprised faces. *Frontiers in Psychology, 7*, 1164.

Pulvermüller, F., Shtyrov, Y., & Ilmoniemi, R. (2003). Spatiotemporal dynamics of neural language processing: An MEG study using minimum-norm current estimates. *NeuroImage*, *20*(2), 1020–1025.

Righart, R., & de Gelder, B. (2008). Rapid influence of emotional scenes on encoding of facial expressions: An ERP study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 3*(3), 270–278.

Rossignol, M., Campanella, S., Maurage, P., Heeren, A., Falbo, L., & Philippot, P. (2012). Enhanced perceptual responses during visual processing of facial stimuli in young socially anxious individuals. *Neuroscience Letters*, *526*(1), 68–73.

Robinson, O. J., Vytal, K., Cornwell, B. R., & Grillon, C. (2013). The impact of anxiety upon cognition: Perspectives from human threat of shock studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 203.

Schirmer, A., & Escoffier, N. (2010). Emotional MMN: Anxiety and heart rate correlate with the ERP signature for auditory change detection. *Clinical Neurophysiology*, *121*(1), 53–59.

Somerville, L. H., Kim, H., Johnstone, T., Alexander, A. L., & Whalen, P. J. (2004). Human amygdala responses during presentation of happy and neutral faces: Correlations with state anxiety. *Biological Psychiatry, 55*(9), 897–903.

Song, J., Liu, M., Yao, S., Yan, Y., Ding, H., Yan, T., Zhao, L., & Xu, G. (2017). Classification of emotional expressions is affected by inversion: Behavioral and electrophysiological evidence. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 11*, 21.

Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

Stefanics, G., Astikainen, P., & Czigler, I. (2014). Visual mismatch negativity (vMMN): A prediction error signal in the visual modality. *Frontiers in human neuroscience*, *8*, 1074.

Stefanics, G., Csukly, G., Komlósi, S., Czobor, P., & Czigler, I. (2012). Processing of unattended facial emotions: A visual mismatch negativity study. *Neuroimage, 59*(3), 3042–3049.

Vogel, B. O., Shen, C., & Neuhaus, A. H. (2015). Emotional context facilitates cortical prediction error responses. *Human Brain Mapping*, *36*(9), 3641–3652.

Walentowska, W., & Wronka, E. (2012). Trait anxiety and involuntary processing of facial emotions. *International Journal of Psychophysiology*, *85*(1), 27–36.

Williams, L. M., Kemp, A. H., Felmingham, K., Liddell, B. J., Palmer, D. M., & Bryant, R. A. (2007). Neural biases to covert and overt signals of fear: Dissociation by trait anxiety and depression. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(10), 1595–1608.

Xu, Q., Ruohonen, E. M., Ye, C., Li, X., Kreegipuu, K., Stefanics, G., Luo, W., & Astikainen, P. (2018). Automatic processing of changes in facial emotions in dysphoria: A magnetoencephalography study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12,* 186.

Xu, Q., Yang, Y., Wang, P., Sun, G., & Zhao, L. (2013). Gender differences in pre-attentive processing of facial expressions: An ERP study. *Brain Topography*, *26*(3), 488–500.

Young, A. W., & Bruce, V. (2011). Understanding person perception. *British Journal of Psychology*, *102*(4), 959–974.

Young, S. G., Elliot, A. J., Feltman, R., & Ambady, N. (2013). Red enhances the processing of facial expressions of anger. *Emotion*, *13*(3), 380–384.

Zhao, L., & Li, J. (2006). Visual mismatch negativity elicited by facial expressions under non-attentional condition. *Neuroscience Letters*, *410*(2), 126–131.

Zhang, D., Luo, W., & Luo, Y. (2013). Single-trial ERP evidence for the three-stage scheme of facial expression processing. *Science China Life Sciences, 43*(08), 643–656.

[张丹丹, 罗文波, 罗跃嘉. (2013). 面孔表情加工三阶段模型的单试次 ERP 证据. *中国科学(生命科学), 43*(08), 643–656.]

The Emotional Bias of Trait Anxiety on Pre-attentive Processing of Facial Expressions: An ERP Investigation

LI Wanyue[1, 2], LIU Shen[3], HAN Shangfeng[4], ZHANG Lin[1], XU Qiang[1]

([1] Department and Institute of Psychology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

([2] School of Psychology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(3 School of Humanities and Social Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230022, China)

(4 School of Psychology, Center for Brain Disorders and Cognitive Neuroscience, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract

Facial expressions are an important medium for understanding the emotional feelings of others. However, individual factors such as gender, age, and personality traits can influence the perception of facial expressions. For instance, individuals with elevated level of trait anxiety, which is measure of frequency and intensity of occurrence of anxiety related symptoms, show attentional bias towards emotional stimuli, that is, higher attention to emotional information such as facial expressions. These studies mostly focused on attentional processing stage, and it remains unclear whether trait anxiety affects the pre-attentive processing stage of facial expression perception. Pre-attentive processing is an automatic evaluation of whether attention is needed for the stimulus, thereby filtering out irrelevant information to conserve cognitive resources and improve the efficiency of information processing. Therefore, the present study aimed to investigate the pre-attentive processing of facial expressions and the bias to emotional stimuli of trait anxious individuals to emotional stimuli during the pre-attentive processing stage.

According to the scores of Spielberger State-Trait Anxiety inventory (STAI), 20 participants who scored in the top 27% were assigned to the high trait anxiety group (13 women; mean age=19.02 ± 0.63 years) and 20 participants who scored in the bottom 27% were assigned to the low trait anxiety group (11 women; mean age=19.63 ± 0.88 years). The stimuli used in the experiment were happy, sad and neutral face pictures selected from the Chinese Facial Affective Picture System (CAFPS; Gong et al., 2011) including 10 pictures (5 females and 5 males) of each kind of emotion. The deviant-standard-reverse oddball paradigm included 4 types of facial expression sequences: neutral standard stimuli/happy deviant

stimuli, happy standard stimuli/neutral deviant stimuli; neutral standard stimuli/sad deviant stimuli, and sad standard stimuli/neutral deviant stimuli. The standard stimuli mean that this type of stimuli were appeared about 80% of the time in the sequence, and the deviant stimuli were about 20%. Participants were instructed to detect unpredictable changes in the size of fixation cross in the center of visual field and press a corresponding button as fast and as accurate as possible, and ignored facial expressions.

The results revealed that, the amplitudes of N170 elicited by deviant faces were significantly larger than standard faces. Importantly, in the early EMMN, the mean amplitude elicited by sad facial expressions was significantly larger than happy facial expressions in low trait anxiety group, but there was no significant difference between happy and sad facial expressions in high trait anxiety group. Moreover, the early EMMN amplitude of happy faces was significantly larger in the high trait anxiety group than in the low trait anxiety group. These results suggest that the high trait anxiety group has similar amplification of EMMN amplitude for both happy and sad expressions. Our results show that there is a difference between high and low trait anxiety in the pre-attentive processing of facial expression. This suggests that personality traits are important factors influencing the pre-attentive processing of facial expressions, and high trait anxiety individuals may have difficulty in effectively distinguishing between happy and sad emotional faces during the pre-attentive processing stage and have similar processing patterns for them.

Keywords trait anxiety, pre-attentive processing, facial expressions, EMMN